

Министерство промышленности и торговли  
Российской Федерации  
Государственный научный центр  
Российской Федерации



**Центральный  
научно-исследовательский  
институт черной металлургии  
им. И.П.Бардина**

Федеральное государственное унитарное предприятие  
(ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина»)

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2

Тел. (495) 777-93-01; Факс (495) 777-93-00

ИНН/КПП 7701027596/770101001

E-mail: [chermet@chermet.net](mailto:chermet@chermet.net)

[www.chermet.net](http://www.chermet.net)

22.06 2016 г. № 48/655

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Исполняющий обязанности  
Генерального директора  
ФГУП «ЦНИИЧермет

им. И.П.Бардина»

В.А.Углов



«22» июня 2016 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИМ. И.П. БАРДИНА»

Диссертация «Управление структурой коррозионностойких сталей мартенситного, мартенситно-аустенитного и ферритного классов для повышения механических свойств и коррозионной стойкости» выполнена в Центре физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии Федерального Государственного Унитарного Предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Удод Кирилл Анатольевич работал в Федеральном Государственном Унитарном Предприятии «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, в должности младшего научного сотрудника лаборатории ФМК-1 Центра физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии.

В 2010 г. окончил Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности «Металловедение и термическая обработка металлов».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. Федеральным

Государственным Унитарным Предприятием «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина».

В 2014 г. соискатель окончил очную аспирантуру Федерального Государственного Унитарного Предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина»

Научный руководитель – доктор технических наук Родионова Ирина Гавриловна, работает заместителем директора Центра физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии Федерального Государственного Унитарного Предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

По результатам рассмотрения диссертации «Управление структурой коррозионностойких сталей мартенситного, мартенситно-аустенитного и ферритного классов для повышения механических свойств и коррозионной стойкости» принято следующее заключение.

#### Оценка выполненной соискателем работы

Активное расширение деятельности России при освоении арктического шельфа и других природных зон с экстремальными условиями эксплуатации требует разработки материалов, в частности сталей, обладающих уникальным сочетанием механических свойств, включая прочность, пластичность, стойкость против различных видов коррозионного разрушения, износостойкость. Такое сочетание свойств должно обеспечить высокую эксплуатационную надежность оборудования, конструкций различного назначения в рассматриваемых условиях, а также является важным и для других видов техники, в том числе для нагруженных деталей, используемых в авиации, машиностроении, других отраслях. Перспективными для достижения указанного комплекса свойств являются коррозионностойкие хромистые стали мартенситного и/или мартенситно-аустенитного класса с низким содержанием углерода, дополнительно легированные азотом, а также карбонитридообразующими элементами. Перспективным представляется также разработка новых ферритных сталей повышенной коррозионной стойкости, легированных алюминием, которые имеют низкую плотность и на которых при использовании дополнительного легирования и специальных технологических приемов можно обеспечить высокую удельную прочность.

В диссертационной работе Удода К.А. установлены закономерности формирования структуры и свойств хромистых коррозионностойких сталей и сталей, легированных алюминием. На основе полученных результатов разработаны рекомендации по оптимальному химическому составу и технологическим режимам

получения хромистых коррозионностойких сталей мартенситно-аустенитного классов и сталей, легированных алюминием, для обеспечения наиболее высоких показателей механических свойств и коррозионной стойкости.

Автор лично выполнял лабораторные эксперименты, результаты которых изложены в диссертации, проводил испытания механических свойств и коррозионной стойкости, исследования структурного состояния металла, обрабатывал результаты экспериментов. Основные положения диссертационной работы изложены автором лично.

Достоверность результатов обеспечивается использованием аттестованного испытательного оборудования, применением современной исследовательской техники, сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

#### Научная новизна:

1. Показано, что ключевыми условиями обеспечения высокого комплекса прочности, пластичности и хладостойкости, а также коррозионной стойкости хромистых сталей является формирование дисперсной (средний размер пакета мартенсита не более 10 мкм) двухфазной мартенситно-аустенитной структуры с содержанием аустенита 20-30% и субмикронными, а также наноразмерными выделениями комплексного карбонитрида титана, ниобия и ванадия оптимального состава и морфологии.

2. Впервые показана различная роль в упрочнении по механизму дисперсионного твердения наноразмерных выделений двух типов и размерных групп. Выделения комплексного карбонитрида размерами 10-30 нм, обогащенного ниобием, которые формируются в процессе нормализации в аустените, обеспечивают высокие значения временного сопротивления и практически не влияют на предел текучести. Повышение предела текучести достигается в процессе отпуска при 400-500°C, что может быть связано с образованием на дислокациях в мартенсите сегрегаций или предвыделений избыточных фаз, которые при повышении температуры или продолжительности отпуска трансформируются в наноразмерные (толщиной не более 2-3 нм) выделения карбонитрида, обогащенного ванадием. При этом обеспечиваются наиболее высокие показатели не только прочности, но и коррозионной стойкости, а также пластичности.

3. Показано, что одним из механизмов повышения прочности сталей, легированных алюминием, является формирование в процессе горячей прокатки дислокационной ячеистой субструктуры, развитой тем в большей степени, чем выше

содержание алюминия и ниже температура конца прокатки. При этом сам размер ферритного зерна на прочностные характеристики не влияет.

4. Установлено, что подавление рекристаллизации при горячей прокатке сталей, легированных алюминием, в отличие от хромистых сталей, приводит к существенному снижению пластичности, что определяет нецелесообразность микролегирования таких сталей титаном и ниобием.

Практическая значимость:

1. Разработаны рекомендации по оптимальному химическому составу и технологическим режимам получения хромистых коррозионностойких сталей мартенситно-аустенитного класса для обеспечения наиболее высоких показателей механических свойств и коррозионной стойкости.

2. Разработаны рекомендации по оптимальному химическому составу и технологическим режимам получения сталей с высокой удельной прочностью, легированных алюминием для обеспечения наиболее высоких показателей механических свойств и коррозионной стойкости.

3. Разработанные рекомендации могут быть использованы при освоении качественно новых марок нержавеющей сталей на металлургических предприятиях РФ.

Ценность научных работ соискателя заключается в получении экспериментальных результатов, позволяющих повысить механические свойства и показатели коррозионной стойкости хромистых сталей мартенситно-аустенитного класса, а также являющихся научным заделом для дальнейшей разработки ферритных сталей повышенной коррозионной стойкости, легированных алюминием. Результаты работы рекомендуется использовать на заводах России (ПАО «Мечел, АО «Красный октябрь» и др.) при освоении производства горячекатаного проката из коррозионностойких сталей мартенситно-аустенитного и ферритного классов с целью обеспечения требуемого комплекса свойств.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.16.01. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Материалы диссертации достаточно полно изложены в 6-и печатных работах, 4 из которых опубликованы в журналах из перечня ВАК РФ.

1. Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Удод К.А., Чудаков И.Б., Эндель Н.И., Мельниченко А.С. Оценка влияния содержания алюминия на показатели коррозионной стойкости и удельной прочности сталей // Металлург. 2014. №12. С. 63-67.

2. Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Удод К.А., Шапошников Н.Г., Мельниченко А.С. Особенности формирования структуры и свойств хромистых коррозионностойких сталей, легированных азотом // *Металлург*. 2015. №10. С. 34-39.

3. Удод К.А., Родионова И.Г., Князев А.В., Стукалин С.В. Исследование влияния химического состава и термической обработки на показатели коррозионной стойкости нержавеющей сталей мартенситного класса, легированных азотом // *Металлург*. 2015. №11. С. 93-96.

4. Удод К.А., Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Мельниченко А.С., Стукалин С.В. Факторы, определяющие уровень механических свойств хромистых коррозионностойких сталей, легированных азотом // *Металлург*. 2016. №5. С. 43-48.

Диссертация «Управление структурой коррозионностойких сталей мартенситного, мартенситно-аустенитного и ферритного классов для повышения механических свойств и коррозионной стойкости» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01. – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заключение принято на научно-техническом совете Центра физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии (ЦФМК) ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина».

Результаты голосования: «За» – 28 чел., «Против» – нет, «Воздержалось» – нет.  
Протокол № 2 от «14» июня 2016 г.

Приложение: Список присутствовавших на НТС ЦФМК на 1 стр.

Председатель НТС ЦФМК  
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»  
Д.ф-м.н., проф.

 А.И.Зайцев

Секретарь НТС ЦФМК  
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», к.т.н.

 Л.И.Никольская

**ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 2**  
**заседания научно-технического совета Центра физической химии,**  
**материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии**  
**Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный**  
**научно-исследовательский институт черной металлургии им.**  
**И.П.Бардина»**  
**от « 14 июня 2016 г.**

**Присутствовали:** члены научно-технического совета и приглашенные – 28 человек.

**Слушали:** доклад Удода К.А. по диссертационной работе «**Управление структурой коррозионностойких сталей мартенситного, мартенситно-аустенитного и ферритного классов для повышения механических свойств и коррозионной стойкости**» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

**Научный руководитель:** доктор технических наук Родионова И.Г.

**В обсуждении диссертационной работы приняли участие:** директор ЦФМК, профессор, д.ф-м.н. Зайцев А.И.; советник, профессор, д.х.н. Могутнов Б.М.; директор ЦТСК, к.т.н. Матросов М.Ю.; научный руководитель ЦТСК, к.т.н. Морозов Ю.Д.; заместитель заведующего лабораторией ЦФМК Ябуров С.И.; заведующий лабораторией ИКС, к.т.н. Новичкова О.В., ведущий научный сотрудник ИКС, к.т.н. Ливанова О.В.

**Заслушав и обсудив доклад Удода К.А., научно-технический совет принял следующее решение.**

Представленная диссертационная работа может быть представлена к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01. - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» на диссертационном совете Д 217.035.01 при Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина» как соответствующая профилю диссертационного совета.

Председатель НТС



А.И.Зайцев

Ученый секретарь



Л.И.Никольская

Список специалистов, присутствующих на НТС ЦФМК  
 Специалисты, приглашенные по профилю диссертации из ЦТСК, СИН, ИКС

№№ п.п.	Фамилия И.О.	Должность, уч. степень, специальность
1.	Зайцев А.И.	директор ЦФМК, проф., д.ф-м.н., 01.04.07
2.	Родионова И.Г.	зам. директора ЦФМК, д.т.н., 05.16.01
3.	Матросов М.Ю.	директор ЦТСК, к.т.н., 05.16.01
4.	Могутнов Б.М.	советник, проф., д.х.н., 01.04.07
5.	Морозов Ю.Д.	научный руководитель ЦТСК, к.т.н. 05.16.02
6.	Родионов Ю.Л.	г.н.с., д.ф-м.н., 01.04.07
7.	Шапошников Н.Г.	зав. сектором, к.х.н. 02.00.01
8.	Пименов В.А.	с.н.с., к.т.н., 05.16.01
9.	Ябуров С.И.	зам. зав сектора
10.	Никольская Л.И.	зав. сектором, к.т.н., 05.16.01
11.	Бакланова О.Н.	зав. лабораторией
12.	Стрижакова Т.И.	зав.сектором СИН
13.	Новичкова О.В.	зав. лаб. ИКС, к.т.н. 05.16.01
14.	Ливанова О.В.	в.н.с. ИКС, к.т.н. 05.16.01
15.	Белоусов Г.С.	в.н.с. ИКС, к.т.н. 05.16.05
16.	Белоусов А.В.	м.н.с. ИКС
17.	Сорокин В.П.	с.н.с.
18.	Князев А.В.	м.н.с.
19.	Кондратьев Д.М.	м.н.с.
20.	Гришин А.В.	м.н.с.
21.	Нищик А.В.	м.н.с.
22.	Чиркина И.Н.	м.н.с.
23.	Карамышева Н.А.	м.н.с.
24.	Колдаев А.В.	м.н.с.
25.	Брюнина Г.В.	инженер 1 категории
26.	Степанов А.Б.	м.н.с.
27.	Родионова М.В.	м.н.с.
28.	Липгарт И.А.	н.с.